



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 06000168 A

(43) Date of publication of application: 11.01.1994

(51) Int. Cl. A61B 5/05

(21) Application number: 04162816

(22) Date of filing: 22.06.1992

(71) Applicant: HITACHI LTD

(72) Inventor: YOSHIOKA SENJI
 OZAWA KAZUMASA
 YOKOTA NORIKATSU
 SUZUKI HIROAKI

(54) METHOD AND DEVICE FOR MEASURING
 ELECTRIC IMPEDANCE DISTRIBUTION

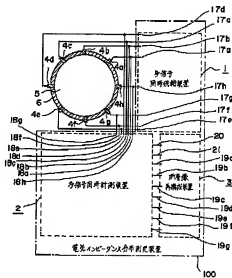
(57) Abstract:

PURPOSE: To enhance the accuracy for a reconstitution image by collecting at a high speed potential distribution data used for an electric impedance CT method.

CONSTITUTION: In the periphery of a measuring object 5, many electrodes 4a-4h are arranged, and from a multi-signal simultaneous supply device 1, electric signals of each different frequency are applied simultaneously to each electrode. A multi-signal simultaneous measuring device 2 measures simultaneously the peripheral potential of the measuring object 5, and a tomographic image reconstituting device 3 executes a frequency analysis of the measured potential, and derives a measured value of a potential distribution in the periphery of the measuring object 5 to each frequency. Subsequently, a tomographic image of an electric impedance distribution for showing an internal

state of the measuring object 5 is reconstituted by a numerical calculation.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio



(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-168

(43)公開日 平成6年(1994)1月11日

(51)Int.Cl.⁵

A 61 B 5/05

識別記号

庁内整理番号

B 8932-4C

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の枚数(全 14 頁)

(21)出願番号 特願平4-162316

(22)出願日 平成4年(1992)6月22日

(71)出願人 000005168

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者

吉岡 仙次

茨城県日立市南山村1168番地 株式会社日立製作所エネルギー研究所内

(72)発明者

小澤 一雄

茨城県日立市南山村1168番地 株式会社日立製作所エネルギー研究所内

(72)発明者

横田 秀克

茨城県日立市南山村1168番地 株式会社日立製作所エネルギー研究所内

(74)代理人

弁理士 秋本 正実

最終頁に続く

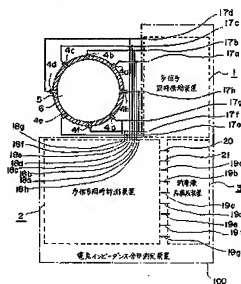
(54)【発明の名称】 電気インピーダンス分布測定方法およびその装置

(57)【要約】

【目的】 電気インピーダンスCT法で用いる電位分布データを高速に収集し、再構成画像の精度を高める。

【構成】 測定対象物5の周囲に多数の高圧4 a ~ 4 h を配置し、多信号同時供給装置1から各高圧に異なる周波数の電気信号を同時に印加する。多信号同時計測装置2は、測定対象物5の周囲電位を同時に測定し、断層像再構成装置3は、測定した電位の周波数分析を行って、各周波数に対する測定対象物5の周囲の電位分布の測定値を求める。そして、測定対象物5の内部状態を表す電気インピーダンス分布の断層像を数値計算により再構成する。

【図1】電気インピーダンス分布測定装置の全体構成



(2)

特開平6-168

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 測定対象物の周囲に設けられた複数の電極に特徴量の異なる複数の電気信号を印加し、各電極から同時に計測した電気信号を前記特徴量で弁別し、弁別した電気信号から測定対象物の断層像を作成することを特徴とする電気インピーダンス分布測定方法。

【請求項2】 測定対象物の周囲に設置される複数の電極と、各電極に特徴量の異なる電気信号を印加する信号源と、電気信号の印加によって測定対象物から各電極を通して得られた信号前記特徴量にて弁別する手段と、弁別して得た信号から前記測定対象物の断層像を再構成する装置とを備えたことを特徴とする電気インピーダンス分布測定装置。

【請求項3】 請求項1の複数の特徴量の異なる電気信号を印加する方法として、電気インピーダンスの大きい測定対象物が移動する電気絶縁性の管路に複数個(N個)の電極を設け、基準電極とその他の電極との間に夫々単方向導通素子を通して特徴量の異なる電気信号を印加することを特徴とする電気インピーダンス分布測定方法。

【請求項4】 請求項2の信号源は、前記電極数より1つだけ少ない用意され、各信号源の電極は共通に基準電極に接続され、各信号源の電極は夫々が対応する電極に夫々単方向導通素子を通して接続されることを特徴とする電気インピーダンス分布測定装置。

【請求項5】 請求項1または請求項3において、入力電気抵抗が絶縁体程度となる電気的な基本特性を有する差動増幅回路を前記電極数Nに対してN-1個用い、各差動増幅回路の除極を共通接続して前記電極のうちの基準電極に接続し、各差動増幅回路の高レベルを基準電極以外に対応する電極に接続して、測定対象物からの前記電極から得られる電気信号を同時に測定することを特徴とする電気インピーダンス分布測定方法。

【請求項6】 請求項2または請求項4において、入力電気抵抗が絶縁体程度となる電気的な基本特性を有する差動増幅回路を前記電極数Nに対してN-1個設け、各差動増幅回路の除極を共通接続して前記電極のうちの基準電極に接続し、各差動増幅回路の高レベルを基準電極以外に対応する電極に接続したことを特徴とする電気インピーダンス分布測定装置。

【請求項7】 請求項1または請求項3または請求項5において、断層像を再構成するとき、並列かつ分散した信号計測系統から得た複数の電気信号を周波数分析し、信号源側の周波数に対応する信号定数(振幅と位相)を解析し、信号源の接続位置に対応する電位分布(振幅と位相)の測定値を求め、電位分布の測定値、信号源の接続位置と前記周波数を用いて測定対象物の電気インピーダンス分布の断層像を再構成することを特徴とする電気インピーダンス分布測定方法。

【請求項8】 請求項2または請求項4または請求項6

2

において、断層像を再構成するとき、並列かつ分散した信号計測系統から得た複数の電気信号を周波数分析する手段と、信号源側の周波数に対応する信号定数(振幅と位相)を解析する手段と、信号源の接続位置に対応する電位分布(振幅と位相)の測定値を求める手段と、電位分布の測定値、信号源の接続位置と前記周波数を用いて測定対象物の電気インピーダンス分布の断層像を再構成する手段とを備えることを特徴とする電気インピーダンス分布測定装置。

10 【請求項9】 測定対象物を接触状態で包囲する測定セルと、該測定セルの周囲に前記測定対象物に電気的に接触する状態で設けられた複数の電極と、電極の内の基準電極とその他の各電極との間に夫々が他の電気信号と識別できる特徴量を持つ電気信号を同時に印加する信号源と、各信号源から電気信号が測定対象物に印加されたときに基準電極と他の各電極との間に現れる電位信号を同時に並列に取り込む電気取込手段と、取り込んだ信号を前記特徴量にて弁別して前記測定対象物の断層像を再構成して画面に表示する表示手段とを備えることを特徴とする電気インピーダンスCT装置。

20 【請求項10】 請求項9において、測定対象物の計測を行って断層像を再構成する動作を所定周期で行って、移動する測定対象物の立体的断層像を再構成する手段を備えることを特徴とする電気インピーダンスCT装置。

30 【請求項11】 測定対象物を接触状態で包囲する測定セルと、該測定セルの周囲に所定間隔を有する複数のライン夫々に前記測定対象物に電気的に接触する状態で設けられた複数の電極と、電極の内の基準電極とその他の各電極との間に夫々が他の電気信号と識別できる特徴量を持つ電気信号を同時に印加する信号源と、各信号源から電気信号が測定対象物に印加されたときに基準電極と他の各電極との間に現れる電位信号を同時に並列に取り込む電気取込手段と、取り込んだ信号を前記特徴量にて弁別して前記測定対象物の立体的断層像を再構成して画面に表示する表示手段とを備えることを特徴とする電気インピーダンスCT装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

40 【産業上の利用分野】本発明はX線CTや超音波CT等のような断層撮影方法及びその装置に係り、特に、原子炉やボイラ等の気液二相流中のボイド率分布等の様に高速に計測しなければならぬ被検体の断層撮影に好適な電気インピーダンス分布測定方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】人体や動物体等の生体の断層を撮影したり、各種物体の中の空洞率の分布を測定したり、非破壊検査や液体中の物体の探査等を目的として、X線CTや超音波CTが実用化されている。しかし、X線CTや超

(3)

特開平6-168

音波CTは、測定対象物をX線や超音波で測定するために1回の計測に時間がかかり、静止体の断面撮影にしか用いることができない。つまり、原子炉やボイラ等の気流・圧力場の気相体積割合であるボイド率分布を測定することはできない。このような高速度体の断面撮影には、短時間に計測することができる電気インピーダンス（特に電気導率率）の分布を測定し、これから断面像を得る電気インピーダンスCT（Computed Tomography：断面像再構成）が行われる。

【0003】従来の電気インピーダンスCTは、特開昭59-17329号公報に記載されている。この従来技術では、測定対象物の周囲に複数個の電極を配置し、電位分布を発生させるために、電気励振用の信号源（高圧源、電圧源）を各電極対間順次に印加し、電位対間の電位測定を順次行っている。信号印加と電位測定に関するスキャン（走査）の組合せは多く、スキャン方式を用いた全測定時間は、例えば、この従来技術では、1456秒である。

【0004】尚、電気インピーダンスを計測する従来技術として、特開昭63-3838号、特開昭63-3839号、特開平2-16441号等があるが、これらの従来技術は、計測した電気インピーダンスの値から測定対象物の断面像を再構成するものではない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】測定対象物が静止体である場合、データの収集時間にかかわらず、同一の物理現象を表すデータを収集できる。同一現象のデータを採る限り、本質的に、像再構成処理では、断面像の不鮮明さや再構成不良を生じない。しかし、測定対象物が移動体である場合、例えば、流相線の流計測を行なう場合、前記のようにスキャン方式の信号印加、電位測定では測定時間がかかるという問題がある。つまり、1回のスキャン中に測定対象物が移動してしまうので、収集したデータは時間のずれ即ち位置のずれが生じてしまい、このデータから像を再構成しても正確で鮮明な画像を得ることはできない。従って、要求される時間分解能に応じてデータ収集の全測定時間を短くしなければならぬが、スキャン方式では測定時間の大幅な短縮化ができず、データ収集の迅速化を望めない。

【0006】本発明の目的は、高速に移動する検測体でもその断面撮影を高精度に行うことのできる電気インピーダンス分布測定方法及びその装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的は、測定対象物の周囲に設けられた複数の電極に特微量の異なる複数の電気信号を同時に印加し、各電極間で計測した電気信号を前記特微量で識別し、測定対象物の断面像を再構成することによって、達成される。

【0008】上記目的はまた、多信号同時供給手段と、

多信号同時計測手段と、断面像再構成手段とを組合せることで、達成される。

【0009】ここで、多信号同時供給手段としては、単方向導通素子（順方向の電気抵抗が導体程度を示し、逆方向の電気抵抗が絶縁体程度となる電気的な基本特性を有する電気回路素子、例えば、ダイオード）を用いる。次に、1つの単方向導通素子と1つの信号線を直列に接続する（以下、これを直列素子という。）。さらに、前記の直列素子を複数個もちいて、前記の直列素子の陰極の全てを共通に結束して、この陰極を測定対象物の外周に設置した1つの電極に接続する。さらに、直列素子の陽極を測定対象物の外周に設置した残りの電極にそれぞれ配置する。このようにして、数個の電極を介して、複数の互いに異なる電気信号（例えば交流波を連える。）を並列かつ分散して測定対象物に同時かつ独立に印加する。

【0010】また、多信号同時計測手段としては、電気インピーダンスの大きい測定対象物が流れる電気絶縁性の管路に複数個（N個）の電極を設け、入力電気抵抗が絶縁体程度となる電気的な基本特性を有する差動増幅回路の電極を複数個（N-1個）用い、前記の差動増幅回路の電極の全て（N-1個）を1つに接続して共通点を形成し、前記の共通点を前記の電極の1個に接続し、さらに前記の差動増幅回路のN-1個の精密を前記の共通点が接続された電極以外のN-1個の電極にそれぞれ接続して、管路内の測定対象物からの複数の電気信号を同時かつ安定にまた感度良く測定するとともに、複数の電気信号の独立な測定を簡単化して測定する。

【0011】断面像再構成手段としては、前記の多信号同時計測手段を用いて収集した複数の（N-1個）の並列かつ分散する信号計測系統からの複数の電気信号を例えば周波数分析して、多信号同時供給手段でもちいた励振信号の周波数に対応する信号広帯を解析し、励振信号源の供給位置に対応する電位分布（振幅と位相）の測定値を求め、前記の電位分布（振幅と位相）の測定値、信号源の接続位置と励振周波数を用いて測定対象物の電気インピーダンスの断面像を再構成する。

【0012】尚、前記の管路（配置）の壁を貫通させて測定対象物に接触するように管路内周に電気導電性の電極を複数個（N個）2次元または3次元に配置する。電気インピーダンスの大きい測定対象物が流れる管路（配置）の材料に電気絶縁性の材料を適用する。

【0013】

【作用】電気インピーダンスCT法で用いる正常な電位分布（同一現象を表す同時計測のデータ、または時間分解能に優れたデータ）を発生・収集するには、多極数の励振信号を電気抵抗の大きい測定対象物に同時かつ安定に感度良く与え、同時に計測し、多極数の励振信号の信号源に対応する電位分布を別列すること、断面像を高精度に再構成することができる。

(4)

特開平6-168

【0014】この場合、測定対象物の電気抵抗が大きい。同時に印刷する各信号線の内部の電気抵抗が悪い影響を及ぼし、信号が測定対象物に流れずに接続した各信号線に流入してしまうことがある。そこで、単方向導通素子を使用することで、この悪影響を回避することができる。

【0015】多信号同時供給手段は、次の様に動作する。直列素子はダイオードの特性と同様な信号の伝達特性を示す。各信号線の信号は、各信号線と直接に接続されているダイオードの順方向に伝達され、ダイオードの逆方向伝達阻止特性により、直接接続以外のダイオードに流れ込まず、測定対象物に全て流れる。したがって、各信号線の内部の電気抵抗に影響されず、測定対象物に電気信号を同時に供給できる。しかも、信号印刷の独立な配置が可能となる。

【0016】多信号同時計測手段は、次の様に動作する。入力電気抵抗が絶縁体程度となる電気的な基板特性を有する差動増幅回路を用いるので、差動増幅回路の電気抵抗に影響されず、測定対象物に複数個の電気信号を同時に供給できるとともに、測定対象物から複数個の電気信号を多信号を同時に測定できる。差動増幅回路のN-1個の階層を前記の共通点が持つので、複数個の電気信号の独立な測定組合せを簡単化できる。

【0017】断層像再構成手段は、次の様に動作する。同時供給と同時に計測から得たデータから電気インピーダンスC/Tの再構成計算が可能となる。したがって、インピーダンス（または、アドミタンス）分布として、抵抗（または、コンダクタンス）分布のみでなくアクタンス（または、サセプタンス）分布を求めることができる。

【0018】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図面を参照して説明する。図1は、本発明の第1実施例に係る電気インピーダンス分布測定装置の全体構成図である。図1において、1は多信号同時供給装置を示し、測定対象物に多くの信号を並列かつ分散させて同時に供給する。2は多信号同時計測装置を示し、測定対象物からの多くの信号を並列かつ分散させて同時に計測する。3は断層像再構成装置を示し、多信号同時計測装置2で収集したデータを処理して、測定対象物の内部の電気インピーダンス分布を断層像を再構成する。4a~4hは電気導電性のある電極（例えば白金、ステンレスなどの導体）。5は測定対象物（例えば、水・空気、水・蒸気などの混合物。尚、生体等の静止または断層撮影可能であるのは勿論である。）、6は測定セル（例えばセラミック、アクリルなどの絶縁体の管筒。生体例えば脳の断面を計測するときは、可撓性のバンドに電極を埋め込み、これを縦に

巻いて測定セルとする。）をそれぞれ示す。図1では、電気インピーダンスC/T法の計測法を適用するために、測定対象物5を内部に含まれる測定セル6の内部面に、複数個N（例えばN=8個）の電極4a~4hを配置した構成を示す。

【0019】多信号同時供給装置1、多信号同時計測装置2および断層像再構成装置3の内部構成図を図2に示す。図2において、多信号同時供給装置1は信号線7a~7gの組合せにより構成する。信号線7a~7gは、例えば、互いの信号を区別するため、それぞれ異なる周波数f a~f gの信号を発振する。一例として、図16に、無負荷の各信号線の信号波形を示す。尚、各信号線の信号波形として、図17に示すようなデジタル信号も使用可能である。

【0020】多信号同時供給装置1の構成要素は、前記の電極数N個（例えばN=8個）に合せて、N-1個（図2では例えばN-1=7個）で構成される。信号線7a~7gの階層（-）の全てを1つに接続し、信号線7a~7gの階層（+）をそれぞれN-1個に分給する。図2に示すように、信号線7a~7gの階層（-）は、測定セル6の電極4hにまとめて配線（配線17h）し、信号線7a~7gの階層は、夫々対応する電極4a~4gに配線（配線17a~17g）する。配線17a~17gは、電気駆動信号の並列に分散する供給経路を形成する。このようにして、多信号同時供給装置1は電極4hを基準に、残りの各電極4a~4gを介して、測定対象物5の周囲から測定対象物5を同時に電気駆動する構成とする。

【0021】図2において、多信号同時計測装置2は、10a~10g、11a~11g、12a~12g、13に示す4種類の回路素子の組合せより構成する。10a~10gはアナログ信号をサンプルしてホールドするサンプル・ホールド回路であり、前記の電極数N個（図示の例ではN=8個）に合せてN-1個（7個）の構成としてある。11a~11gはアナログ信号をデジタル信号に変換するアナログ・ディジタル（A/D）変換器であり、N-1個（7個）の構成としてある。12a~12gはデジタル信号を記憶するバッファ・メモリであり、N-1個（7個）の構成とする。13はサンプル・ホールド回路10a~10g、A/D変換器11a~11g、バッファ・メモリ12a~12gを制御する制御ユニット（例えばマイクロプロセッサ）である。

【0022】多信号同時計測装置2は、スキャン方式によるデータ収集（例えば、電位測定）の欠点を解消し同時のデータ収集を実現するために、サンプル・ホールド回路-A/D変換器-バッファ・メモリで構成する並列かつ分散の信号計測系統をN-1個の複数個（図2の例では7系統）構築する。サンプル・ホールド回路10a~10gは、図2に示すように、夫々の階層の全てを1つに結束し、夫々の階層は夫々のN-1個に分給する構成

(5)

待機平6-168

7

となっている。前記の除幅の終了点(配線18h)と、前記の各信号源7a~7gの除幅の全ての終了点(配線17h)を共通に接続して電気的な等価状態をえ、これを電極4hに接続する。

【0023】また、サンプル・ホールド回路の各除幅(配線18a~18g)は、各信号源7a~7gの各除幅(配線17a~17g)と電気的な等価状態にして、各電極4a~4gに配線する。配線18a~18gは、電気信号の並列に分散する計測回路を形成する。このようにして、多信号同時計測装置2は、電極4hを基準に、残りの各電極4a~4gの電位を同時に検出して計測する構成とする。

【0024】図2において、断層像再構成装置3は、例えば14、15、16で構成する。14はデータ転送及び数値解析などを行なうデータ処理用計算機(例えばマイクロコンピュータあるいはその複合体)である。15はデータ表示及び解析結果の出力などを行なうディスプレイユニット(例えばCRT)である。16はデータ処理用計算機に指令を与えるキーボードである。断層像再構成装置3は、同時にサンプルされたデータから電位分布の測定値を演算して求める。この演算手順のフローチャートが図5である。また、電位分布の測定値から断層像を再構成するときの演算手順のフローチャートが図6である。これらのフローチャートについては後述する。

【0025】次に、この第1実施例に係る電気インピーダンス分布測定装置100の基本動作を説明する。まず、多信号同時供給装置1は、測定対象物5の周面から電気励振用の多信号を同時に与える。多信号同時計測装置2は、測定対象物5の内部の電気インピーダンス分布に応じて、測定対象物5の内部に発生する電位分布を同時に測定する。断層像再構成装置3は、電位分布の測定値を用いて、測定対象物5の内部の電気インピーダンス分布を求める。

【0026】多信号同時供給装置1の詳細動作を説明する。図2の構成では、前記の各信号源7a~7gの除幅をすべて共通に接続し、この共通の接続点を電極4hに電気配線している。また、各信号源7a~7gの除幅は、電極4h以外の対応する電極4a~4gそれぞれに接続している。さらに、各信号源7a~7gは、例えば、正交流の励振周波数f a~f gにより区別している。このため、各信号源7a~7gの信号は、各信号源の除幅一各信号源の除幅を配線した電極一測定対象物5一各信号源の除幅に配線した電極一各信号源の除幅の経路を流れる。つまり、信号源7aの信号は、信号源7a一電極4a一測定対象物5一電極4h一信号源7a、の経路で流れる。他の信号源の信号の経路も同様である。

【0027】多信号同時計測装置2の詳細動作を説明する。図2に示すように、サンプル・ホールド回路10a~10gの除幅がそれぞれ電極4a~4gに配線され、10a~10gの除幅が電極4hに配線されているの

8

で、サンプル・ホールド回路10a~10gは、電極4hの電位を基準とした電極4a~4gの電位を、N-1個の信号計測系統により並列かつ分散して検出する。制御ユニット13は、サンプル・ホールド回路10a~10gに同時のサンプルホールド信号(配線22の信号)を周期的に与える。サンプル・ホールド回路10a~10gは、N-1個の信号計測系統の電位の検出信号を周期的にサンプル及びホールドし、対応するAD変換器11a~11gに入力する。

【0028】制御ユニット13は、AD変換器11a~11gに、前記のサンプルホールド信号に同期したAD変換信号(配線23の信号)を与える。AD変換器11a~11gは、サンプル及びホールドされたアナログ信号をデジタル信号に変換し、バッファ・メモリ12a~12gに記憶する。制御ユニット13は、バッファ・メモリ12a~12gに記憶されたデジタル信号のデータを、断層像再構成装置3を構成するデータ処理用計算機14のメイン・メモリにDMA(Direct Memory Access)方式により高速転送する。このようにして、多信号同時計測装置2はサンプル・ホールド回路10a~10gで検出する多信号を並列かつ分散的に処理して同時に計測するように動作する。一例として、図7に各信号計測系統a~gの同時サンプル電圧波形を示す。

【0029】次に、図2、図5、図6を用いて、断層像再構成装置3の動作を説明する。断層像再構成装置3を構成するデータ処理用計算機14は、キーボード16の指令により、多信号同時計測装置2の制御ユニット13を制御し、前記したように同時計測したデータをDMA転送によりメイン・メモリに転送する。

【0030】図5は、同時計測したデータから電位分布の測定値を求める処理手順を示すフローチャートである。まず、断層像再構成装置3は、メイン・メモリから各信号計測系統a~gの同時計測したデータを読み込む(ステップ501)。同時計測したデータは信号源7a~7gの周波数f a~f gに関する情報を有するので、各信号計測系統ごとの同時計測したデータを周波数分析し、振幅および位相のスペクトルを求める(ステップ502)。一例として、図8に、信号計測系統aのサンプル信号の周波数分析結果を示す。

【0031】各信号計測系統ごとの振幅および位相のスペクトルは、多信号同時供給装置1の信号源7a~7gが例えば単一の周波数f a~f gの正交流で区別されている場合、周波数f a、…、f gで振幅および位相のピークを有するので、周波数f a~f gについて、振幅と位相の大きさを抽出する(ステップ503)。前記の振幅と位相の組合せより、信号源7a~7gの電気励振信号の入力に対応する複素電位分布の測定値 $\phi_{ma} \sim \phi_{mg}$ を算出する(ステップ504)。前記の測定値 ϕ_{ma} 、…、 ϕ_{mg} は、それぞれ電気励振の周波数f a、…、f gに関するものである。一例として、図9~図15に、夫々

9

ma, ..., ϕ mqを示す。

【0032】図6は、断層像を再構成する処理手順を示すフローチャートである。測定対象物の内部の電気インピーダンス分布として、誘導電気導電率 σ の分布を仮定する（ステップ601）。誘導電気導電率 σ の分布を用いて、測定対象物の周囲に接続した信号源7a～7gを境界条件として、信号源7a～7gの各入力信号に対応する信号応答として測定対象物の周囲（電極）に発生する誘導電位分布の計算値 $\phi_{ca} \sim \phi_{cg}$ を解析する（ステップ602）。誘導電位分布の測定値 $\phi_{ma} \sim \phi_{mg}$ と計算値 $\phi_{ca} \sim \phi_{cg}$ を比較し（ステップ603）、その誤差が最小になるように誘導電気導電率 σ の分布を修正する（ステップ604）。

【0033】電位分布の測定値と計算値の誤差があるレベル以下になるまで、誘導電気導電率 σ の分布を修正する最適化を繰り返す（ステップ602、603、604）。最適化された誘導電気導電率 σ の分布（または σ の分布をインピーダンス分布に変換したもの）をディスプレイユニット16に出力する（ステップ605）。このようにして、測定対象物の内部の電気インピーダンス分布を求め、断層像を再構成できる。

【0034】図3は、本発明の第2実施例に係る電気インピーダンス分布測定装置の全体構成図である。測定対象物8が極めて大きい電気インピーダンスをもつようになる場合、本実施例では、各信号源7a～7gの隣接と、測定セルの電極4a～4gとの間に、ダイオード8a～8gを挿入し、サンプル・ホールド回路10a～10gの剪断し、高入力インピーダンスを有する入力バッファ・アンプ（例えば、FET（Field Effect Transistor: 電界効果トランジスタ）入力型インスルメンテーション・アンプと呼ばれる差動増幅器（入力インピーダンス： $10^{11} \Omega$ 以上））を挿入し、各入力バッファ・アンプ9a～9gの陰極の全てを1つに接続してこれを各信号源7a～7gの極接続点に接続18hにて接続し、その他の構成は、第1実施例と同様である。

【0035】本実施例における多信号同時供給装置1の動作を説明する。多信号同時供給装置1を構成する各ダイオード8a～8gは、図4に示す電圧と電流の特性を持つ。図4において、順方向の電流（IF）は順方向の電圧（VF）に対して流れ、逆方向の電気抵抗は順位の測定対象物や測定セルの電気抵抗に比べて大に小さく導体程度である。また、逆方向の電流（IR）は逆方向の電圧に対してブレイクダウン電圧（VB）まで流れない。ブレイクダウン電圧（VB）未満の逆方向の電気抵抗は、絶縁体程度（抵抗率 $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上）であり、前記の測定対象物（例えば純水の抵抗率 $2 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ ）などの電気抵抗より大きい。

【0036】この第2実施例では、ダイオードの電気特性を活用するため、図3において、ダイオードと信号源を直列に接続した複数の直列素子（7aと8a、7bと

(5)

特開平6-168

10

8b、..., 7gと8gの直列接続）を構成する。各直列素子においては、ダイオードに直列に接続した信号源がダイオードの順方向電圧を示すとき、順方向の電流が流れる。また、各信号源の逆方向電圧は各ダイオードのブレイクダウン電圧（VB）をえないように信号レベルを設定するので、各直列素子の逆方向の電流は前記のダイオードの電気特性により流れない。さらに、図3における多信号同時供給装置1の構成では、各直列素子の陰極のすべてを共通に結束して、この共通の接続点を電極4hに接続している。また、各直列素子の陰極は電極4h以外の電極4a～4gそれぞれに接続している。このため、各直列素子の信号（順方向の電流）は、各直列素子の陽極→各直列素子の陰極を接続した電極→測定対象物5→各直列素子の陰極を接続した電極の経路で流れ、各直列素子の信号源に帰還する。

【0037】直列素子の信号（順方向の電流）は、前記の共通接続点の設置構成とダイオードの逆方向電圧特性により、各直列素子の陰極には流入する。直列素子5の内部のみに分布する。これは、例えば、信号源7aの信号（順方向の電流）に対して、直列素子7bと8b、7cと8c、7dと8d、7eと8e、7fと8f、7gと8gの電気回路が存在しないことに等価である。信号源7aの信号は同時に接続した信号源の内部の電気抵抗に影響をまったく受けて、測定対象物5の内部に分布して、信号源7aに関する電位を電極4a～4hに発生する。信号源7aについて述べたが、信号源7b～7gについても同様に動作し、同時に接続した信号源の内部の電気抵抗に影響を受けず、測定対象物5に分布して、信号源7b～7gに関する電位を電極4a～4hに発生する。電極4a～4hには、電気回路の重ね合わせの定理により、周波数で区別した信号源の電位が重畳する。したがって、図3の多信号同時供給装置1を用い、測定対象物の周囲から多信号を同時に与えて、測定対象物の内部の電気インピーダンス分布に对应して各入力信号の電位分布を同時に測定対象物に発生させる。また、測定対象物の内部の電気インピーダンスや信号源の使用台数、内部電気抵抗に影響されず、多信号を測定対象物に安定かつ十分に与えることができる。

【0038】第2実施例の多信号同時供給装置2の動作を説明する。図3に示すように、2の入力バッファ・アンプ9a～9gの陰極は電極4a～4gに接続され、9a～9gの陰極は電極4hに接続されているので、アンプ9a～9gは電極4hの電位を基準に電極4a～4gの電位を差動で検出する。また、アンプ9a～9gは前記したように高入力インピーダンスとなるので絶縁体のごとく働き、多信号同時供給装置1の信号源7a～7gの信号（電流）はアンプ9a～9gの陰極には流入せず、電極4a～4gを介して測定対象物5に流入する。したがって、入力バッファ・アンプ9a～9gの接続に影響されず、電極4hの電位を基準に電極4a～4gの

50

11

電位を安定に検出できる。入力バッファ・アンプ9a～9gの差動信号はそれぞれ並列に分岐してサンプル・ホールド回路10a～10gに入力する。以後の処理は第1実施例と同様である。

【0039】尚、上述した実施例では、測定対象物の断面で複数層の再構成について述べたが、所定時間間隔で複数回計測を繰り返すことで、立体断層像を再構成できることはいうまでもない。また、複数の電極を移動体の移動方向に複数ライン設けることで、同時の計測で一度に立体断層像が得られることも勿論である。

【0040】

【発明の効果】本発明（請求項1、2）によれば、スキャン方式の信号印加や電圧測定を用いず、電気インピーダンスCT法で用いる時間ずれない正常な電位分布（同一現象を数回同時刻のデータ、または時間分解能に優れたデータ）を得ることができ、短時間で精度の高い断層像を得ることが可能となる。従って、静止体は勿論、高速移動体であっても高精度の断層像計測ができる。

【0041】また、本発明（請求項3、4）によれば、スキャン方式の信号印加を用いず、測定対象物に対して定常状態の電気励振が常に達成できるので、信号の切り替え（スイッチング）時に生じる電気的な過渡現象を排除または低減し、その影響を全く受けず、複数の電気信号を安定に供給できる効果がある。また、複数の電気信号を測定対象物の周囲から並列かつ分散させて同時に与えることができるので、複数の電気信号の入力に対応する複数の電位分布を測定対象物の周囲に時間のずれなく発生できる効果がある。また、複数の電気信号の独立な接続または印加を容易に構成するので、複数の電気信号の独立な接続または印加の遊び方・制御を簡単化・簡略化する効果がある。また、複数の電気信号を測定対象物へ並列に配線する場合も、測定対象物の電気抵抗の大きさ、電気励振用の信号源の使用台数やその内部電気抵抗の大きさに影響されず、測定対象物の内部の変化を検出する電気信号を測定対象物へ安定かつ十分に与える効果が大きい。

【0042】更に本発明（請求項5、6）によれば、スキャン方式の電位測定を用いず、複数の電位分布を並列かつ分散して同時にサンプルするので、時間ずれない同時刻の複数の電位分布を記録かつ分析できる効果が大きい。また、並列かつ分散して記録するので、電位測定の高速化が達成でき、測定時間を極めて短くできる効果がある。また、入力電気抵抗が絶縁体程度である差動増幅器を透過し、これを複数回使用できるので、測定対象物の周囲の電位分布を徹底的に測定できる効果が大きい。また、電位測定の共通の接続点を持つ構成により、電位測定の独立の遊び方・制御を簡単化・簡略化する効果がある。

【0043】更に本発明（請求項7、8）によれば、並

(7)

12

列かつ分散して同時にサンプルされたデータから複数の電気信号源の入力に対する電気信号応答（振幅ならびに位相の特性）が識別できるので、測定対象物の内部の電気インピーダンスの成分、特に抵抗とリアクタンスの成分を容易に区別できる効果がある。また、複数の並列かつ分散してデータから複数の電気信号源に対する電気信号応答の組合せより、複数の電気信号源に対する測定対象物の周囲の電位分布（振幅ならびに位相の分布）を簡単に算出できる効果がある。また、電気信号源の周波数、電位分布（振幅ならびに位相の分布）の測定値を考慮して断層像を再構成できるので、抵抗分布だけでなくリアクタンス分布を求めることができ、これらの合成と照合により測定対象物の内部構造を電気インピーダンス分布として識別しやすい効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例に係る電気インピーダンス分布測定装置の全体構成図である。

【図2】図1の詳細部分も記載した図である。

【図3】図3は本発明の第2実施例に係る電気インピーダンス分布測定装置の全体構成図である。

【図4】ダイオードの電気特性図である。

【図5】電位分布の測定値を求める計算フローチャートである。

【図6】電位分布の測定値から断層像を再構成する計算フローチャートである。

【図7】各信号計測系統の同時サンプル電圧波形図である。

【図8】信号計測系統dのサンプル信号の電圧数分結果を示す図である。

【図9】複素電位分布の測定値 ϕ_{me} のグラフである。

【図10】複素電位分布の測定値 ϕ_{re} のグラフである。

【図11】複素電位分布の測定値 ϕ_{ic} のグラフである。

【図12】複素電位分布の測定値 ϕ_{id} のグラフである。

【図13】複素電位分布の測定値 ϕ_{me} のグラフである。

【図14】複素電位分布の測定値 ϕ_{re} のグラフである。

【図15】複素電位分布の測定値 ϕ_{ic} のグラフである。

【図16】無負荷時の各信号源の信号波形図である。

【図17】無負荷時の各信号源のデジタル信号波形図である。

【符号の説明】

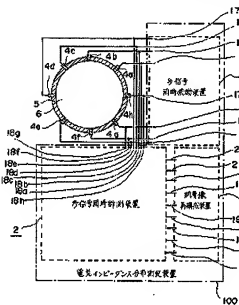
1…多信号同時供給装置、2…多信号同時計測装置、3…断層像再構成装置、4a～4g…電極、5…測定対象物、6…測定セル、7a～7g…電気励振用の信号源、8a～8g…ダイオード、9a～9g…入力バッファ・アンプ、10a～10g…サンプル・ホールド回路、11a～11g…アナログ・デジタル変換回路、12a～12g…バッファ・メモリ、13…制御ユニット、14…データ処理用計算機、15…ディスプレイユニット、16…キーボード、100…電気インピーダンス分布測定装置。

(8)

特開平6-168

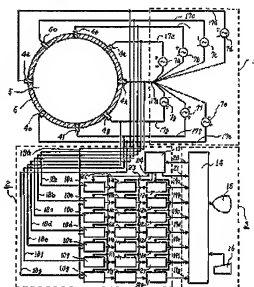
【圖 1】

【図 1】電圧インピーダンス分岐調整装置の全体構成



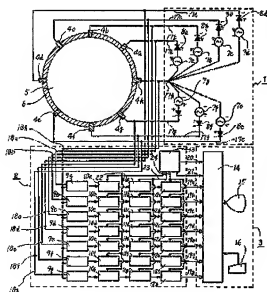
【圖2】

【図 2】電界インピーダンス分布測定装置の各ブロックの
構成



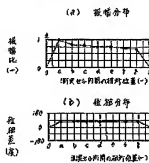
【圖3】

【図 3】電気インピーダンス分散測定装置の各ブロックの
外形構成



【圖9】

【圖 9】電位分布の一例

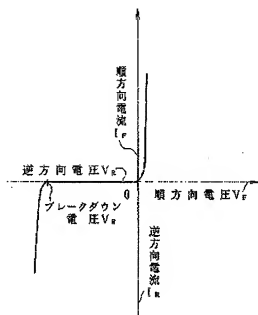


(9)

特開平6-168

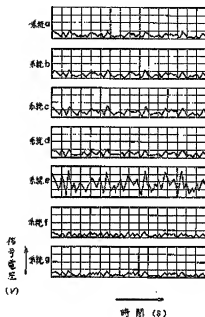
【図4】

【図4】 ダイオードの電気特性

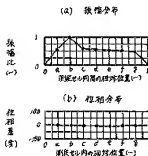


【図7】

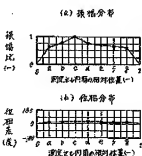
【図7】 信号訂正系統の箇所での電圧波形



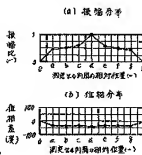
【図10】

【図10】電圧分布中 amb 

【図11】

【図11】電圧分布中 acc 

【図12】

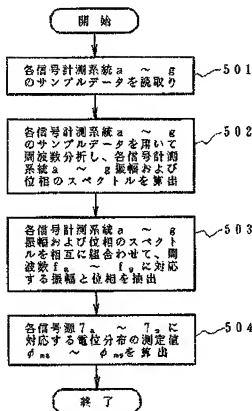
【図12】電圧分布中 and 

(10)

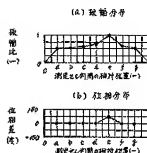
特開平6-168

【図5】

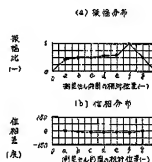
〔 5 〕 同時サンプリングデータから各信号源に対応する電位分布の測定値を求める計算フローチャート



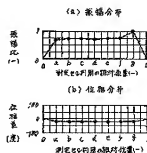
【図13】

【図13】電位分布中 ϕ_m 

【図14】

【図14】電位分布中 ϕ_{ng} 

【図15】

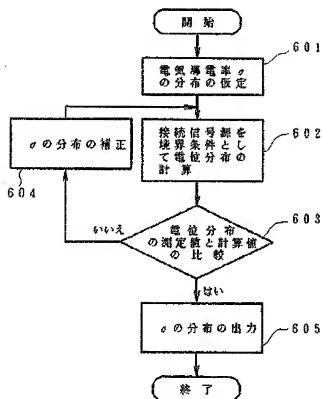
【図15】電位分布中 ϕ_{ng} 

(11)

特開平6-168

【図6】

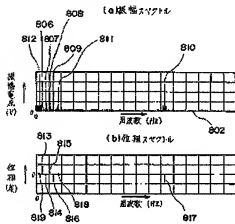
【図6】断層像の再構成計算のフローチャート



(12)

特開平6-168

【図8】

【図8】 複素符号系統 d のアンパル符号の周波数
分割結果

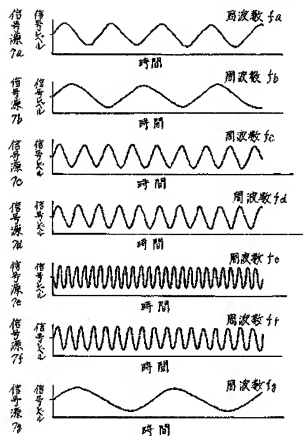
806... 周波数 f_a の振幅ビグ	813... 周波数 f_b の位相ビグ
807... " f_b "	814... " f_b "
808... " f_c "	815... " f_c "
809... " f_d "	816... " f_d "
810... " f_e "	817... " f_e "
811... " f_f "	818... " f_f "
812... " f_g "	819... " f_g "

(13)

特開平6-168

【図16】

【図16】表示時における各信号源の信号波形

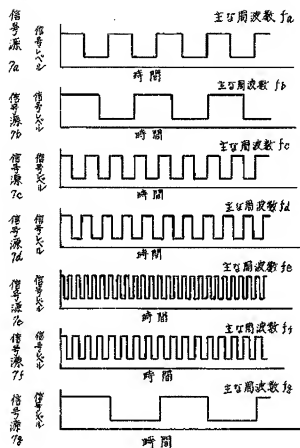


(14)

特開平6-168

[図17]

【図 17】無負荷時における各信号源の信号
波形その2



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 洋明

茨城県日立市森山町1158番地 株式会社日立
立製作所エネルギー研究所内